



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112147614 A

(43) 申请公布日 2020.12.29

(21) 申请号 202010587396.X

G01S 17/08 (2006.01)

(22) 申请日 2020.06.24

G06F 17/13 (2006.01)

(30) 优先权数据

G06F 17/18 (2006.01)

1907103 2019.06.28 FR

(71) 申请人 APTIV技术有限公司

地址 巴巴多斯圣迈克尔

(72) 发明人 P·马尔凯维奇 J·波尔贝斯基

D·萨辛

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 王小东 黄纶伟

(51) Int.Cl.

G01S 13/931 (2020.01)

G01S 13/08 (2006.01)

G01S 17/931 (2020.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

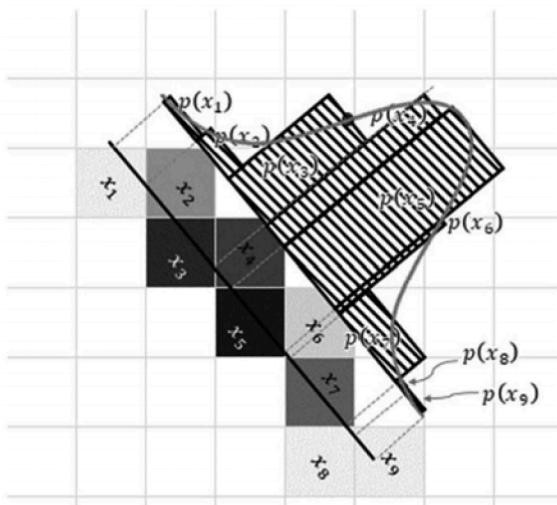
使用占据栅格来映射物理环境的方法和系统

(57) 摘要

本发明涉及使用占据栅格来映射物理环境的方法和系统。所述方法包括以下步骤：使用传感器测量物体的潜在位置( $\mu$ )；识别节段(S)，该节段(S)表示与所测得的潜在位置有关的可能值的分布区间，该可能值与相应概率值相关联，所述节段仅根据传感器的坐标系的两个维度中的一个延伸；以及评估潜在占据单元( $c_i$ )中被节段(S)穿过的子集中的每个潜在占据单元( $c_i$ )的占据概率，该步骤包括：-确定包括在所述潜在占据单元( $c_i$ )中的节段部分( $x_i$ )的特征；-根据所确定的节段部分( $x_i$ )并使用概率密度函数来计算所述潜在占据单元的占据概率。

A

CN 112147614



1.一种使用占据栅格(200)对物理环境进行映射的方法,所述占据栅格包含与相应占据概率相关联的一组单元( $g_{ij}$ ),所述方法包括:

步骤(E0):使用至少一个距离估计传感器(11)测量所述物理环境中的物体的潜在位置( $\mu$ ),在所述步骤(E0)期间,所述传感器(11)在所述传感器(11)的具有至少两个维度的坐标系中为所测得的潜在位置( $\mu$ )提供根据第一维度的第一坐标( $\mu_r$ )和根据第二维度的第二坐标( $\mu_o$ );

步骤(E2):识别节段(S),所述节段(S)表示与所测得的潜在位置( $\mu$ )有关的可能值的分布区间,所述节段(S)仅根据所述传感器(11)的所述坐标系的所述两个维度中的一个延伸,与所测得的潜在位置( $\mu$ )有关的所述可能值与由概率密度函数( $\varphi$ )给出的概率值相关联,所述概率密度函数( $\varphi$ )能够由具有与所测得的潜在位置( $\mu$ )相对应的顶点的曲线表示;以及

步骤(E3):对于所述占据栅格(200)的潜在占据单元( $c_i$ )中被所识别出的节段(S)穿过的子集中的每个潜在占据单元( $c_i$ ),评估该潜在占据单元( $c_i$ )的占据概率,所述步骤(E3)包括:

-步骤(E4):确定包括在所述潜在占据单元( $c_i$ )中的节段部分( $x_i$ )的特征;

-步骤(E5):根据所确定的节段部分( $x_i$ )并使用所述概率密度函数( $\varphi$ )计算所述潜在占据单元的占据概率。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,选择所述传感器(11)的所述坐标系的所述两个维度中的一个,以根据所述距离估计传感器(11)的与根据所述传感器(11)的所述坐标系的所述两个维度中的每个维度的测量不确定度有关的特征来实现识别节段的步骤。

3.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述传感器(11)的所述坐标系是极坐标系,其中每个点由距离和方位角表示,并且在认为所述传感器(11)的所述测量不确定度在方位角维度上因为低于预定义的阈值而可忽略不计的情况下,表示与所测得的潜在位置有关的可能值的分布区间的所述节段(S)是由所测得的潜在位置( $\mu$ )和所述传感器(11)的所述坐标系的原点限定的直线的节段,该节段的中点对应于所测得的潜在位置( $\mu$ )。

4.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述传感器(11)的所述坐标系是极坐标系,其中每个点由距离和方位角表示,并且在认为所述传感器的所述测量不确定度在距离维度上因为低于预定义的阈值而可忽略不计的情况下,表示与所测得的潜在位置( $\mu$ )有关的可能值的分布区间的所述节段(S)是圆弧。

5.根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述方法包括逼近步骤,在所述逼近步骤期间,用线段来逼近所述圆弧,所述线段垂直于由所测得的潜在位置和所述传感器(11)的所述坐标系的原点限定的直线的方向。

6.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,对于所述子集中的每个潜在占据单元,在计算所述潜在占据单元的占据概率的步骤期间,通过计算矩形的面积来执行所述占据概率的逼近,所述矩形的维度之一对应于包括在所述潜在占据单元中的所述节段部分的长度,所述矩形的另一维度是分配给所述潜在占据单元的逼近概率值。

7.根据权利要求6所述的方法,其特征在于,分配给所述潜在占据单元的所述逼近概率

值是所述概率密度函数在包括在所述潜在占据单元中的所述节段部分的中点处给出的概率值。

8. 根据从属于权利要求2的权利要求3至7中任一项所述的方法,其特征在于,在所述传感器是激光雷达的情况下,选择所述距离维度来实现识别节段的步骤。

9. 根据从属于权利要求2的权利要求3至7中任一项所述的方法,其特征在于,在所述传感器是雷达的情况下,选择所述方位角维度来实现识别节段的步骤。

10. 一种检测障碍物的方法,所述方法包括以下步骤:通过实现根据权利要求1至9中任一项所述的方法来生成物理环境的映射,以及基于所生成的映射来检测所述环境中的障碍物。

11. 一种用于驾驶自主机动车辆或用于辅助驾驶配备有至少一个高级驾驶员辅助系统的机动车辆的方法,其特征在于,所述方法包括以下操作:通过实现根据权利要求1至9中任一项所述的方法来生成所述车辆的物理环境的映射。

12. 一种使用占据栅格(200)对物理环境进行映射的系统(100),所述占据栅格包含与相应占据概率相关联的一组单元( $g_{ij}$ ),所述系统包括:

测量设备(10),该测量设备包括至少一个距离估计传感器(11),所述测量设备(10)被配置为测量所述物理环境中的物体的潜在位置,并且在所述传感器的具有至少两个维度的坐标系中为所测得的潜在位置提供根据第一维度的第一坐标和根据第二维度的第二坐标;

节段识别模块(20),所述节段表示与所测得的潜在位置有关的可能值的分布区间并且仅根据所述传感器(11)的所述坐标系的所述两个维度中的一个延伸,与所测得的潜在位置有关的所述可能值与由概率密度函数( $\varphi$ )给出的概率值相关联,所述概率密度函数能够由具有与所测得的潜在位置相对应的顶点的曲线表示;以及

模块(30),该模块评估所述节段穿过的所述占据栅格(200)的多个潜在占据单元中的每个潜在占据单元的占据概率,所述模块(30)包括:

- 用于确定包括在所述潜在占据单元中的节段部分( $x_i$ )的特征的单元(31);
- 用于根据所确定的节段部分( $x_i$ )并使用所述概率密度函数( $\varphi$ )来计算所述潜在占据单元的占据概率的单元(32)。

13. 一种用于检测障碍物的系统(300),所述系统(300)包括根据权利要求12所述的对物理环境进行映射的系统(100)以及用于基于所生成的映射来检测所述环境中的障碍物的模块(50)。

14. 一种自主的或配备有至少一个高级驾驶员辅助系统的机动车辆,所述机动车辆包括根据权利要求12所述的对物理环境进行映射的系统(100),该系统使用包含由相应占据概率定义的一组单元的占据栅格来对所述车辆的物理环境进行映射。

## 使用占据栅格来映射物理环境的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本说明书涉及传感器周围的物理环境地图的生成,特别是在机动车辆领域中,尤其是在自主的和/或装配有一个或更多个高级驾驶员辅助系统的机动车辆的领域中。本说明书更具体地涉及用于映射传感器周围的物理环境的简化方法和相应的系统,并且还涉及用于驾驶装配有传感器的机动车辆的方法和相应的车辆。

### 背景技术

[0002] 随着自主的和/或配备有ADAS(高级驾驶员辅助系统)的机动车辆的当前发展,已经开发了许多技术以基于来自一个或更多个车辆传感器(例如激光雷达和/或雷达)的大量数据来可靠地估计车辆环境。广泛使用的方法包括使用一个或更多个传感器检测车辆环境中的物体或障碍物,然后将来自传感器的原始数据转换为包含与相应占据概率相关联的单元的占据栅格。使用称为“逆传感器模型”的算法来计算每个单元的占据概率,该算法会将检测到的数据和附加信息转换为占据概率。使用的传感器是距离估计传感器,例如雷达和/或激光雷达。

[0003] 在机动车辆环境中,以占据栅格的形式生成这种映射需要在短时间内处理非常大量的数据。计算的复杂性和执行时间是获得用于建立代表环境的栅格上的单元占据率的可靠方法的关键方面。

[0004] 本说明书的目的是改善这种状况,特别是简化传感器周围环境地图的建立。

### 发明内容

[0005] 为此目的,在第一方面,本说明书涉及一种使用占据栅格对物理环境进行映射的方法,所述占据栅格包含与相应占据概率相关联的一组单元,所述方法包括以下步骤:

[0006] 使用至少一个距离估计传感器来测量所述物理环境中的物体的潜在位置,在该步骤期间,所述传感器在具有至少两个维度的所述传感器的坐标系中为所测得的潜在位置提供根据第一维度的第一坐标和根据第二维度的第二坐标;

[0007] 识别节段(segment),所述节段表示与所测得的潜在位置有关的可能值的分布区间,所述节段仅根据所述传感器的坐标系的两个维度之一延伸,与所测得的潜在位置有关的所述可能值与由概率密度函数给出的概率值相关联,所述概率密度函数能够由具有与所测得的潜在位置相对应的顶点的曲线表示;

[0008] 并且,所识别出的节段穿过所述占据栅格的潜在占据单元的子集,对于所述子集中的每个潜在占据单元,评估该潜在占据单元的占据概率的步骤包括以下步骤:

[0009] -确定包括在所述潜在占据单元中的节段部分的特征;

[0010] -根据所确定的节段部分并使用所述概率密度函数来计算所述潜在占据单元的占据概率。

[0011] 该方法使得能够提供关于环境物体(例如障碍物)的信息,以便评估传感器周围区域中的状况。然后,该信息可以用于确定机动车辆的行驶空间并进行行程规划。

[0012] 该方法使得能够降低用于确定占据栅格的单元的占据概率值的计算的复杂性,特别是由于根据传感器坐标系的单个维度来进行概率值的分布的事实。这使得需要较少的计算工作。

[0013] 有利地,选择所述传感器的坐标系的两个维度之一,以根据所述距离估计传感器的与根据所述传感器的坐标系的两个维度中的每个维度的测量不确定度有关的特征来实现所述识别节段的步骤。

[0014] 同样有利地,所述传感器的坐标系是极坐标系,其中每个点由距离和方位角表示,并且在认为所述传感器的测量不确定度在方位角维度上可忽略不计的情况下(因为该测量不确定度低于预定义的阈值),表示与所测得的潜在位置有关的可能值的分布区间的所述节段是由所测得的潜在位置和所述传感器的坐标系的原点限定的直线的节段,该节段的中点(middle)对应于所测得的潜在位置。

[0015] 同样有利地,所述传感器的坐标系是极坐标系,其中每个点由距离和方位角表示,并且在认为所述传感器的测量不确定度在距离维度上可忽略不计的情况下(因为该测量不确定度低于预定义的阈值),表示与所测得的潜在位置有关的可能值的分布区间的所述节段是圆弧。

[0016] 同样有利地,所述方法包括逼近步骤,在该逼近步骤期间,用线段来逼近所述圆弧,所述线段垂直于由所测得的潜在位置和所述传感器的坐标系的原点限定的直线的方向。通过允许对潜在占据单元的简化和准确的识别,这种逼近进一步简化了用于处理方位角的不确定度的计算。

[0017] 同样有利地,对于所述子集中的每个潜在占据单元,在计算所述潜在占据单元的占据概率的步骤期间,通过计算矩形的面积来执行所述占据概率的逼近,所述矩形的维度之一对应于包括在所述潜在占据单元中的所述节段部分的长度,所述矩形的另一维度是分配给所述潜在占据单元的逼近概率值。

[0018] 同样有利地,分配给所述潜在占据单元的所述逼近概率值是所述概率密度函数在包括在所述潜在占据单元中的所述节段部分的中点处给出的概率值。

[0019] 因此,计算的另外简化依赖于用矩形面积的积分的逼近值来代替概率函数在分布区间上的积分。

[0020] 所述传感器可以是激光雷达、雷达、摄像头或能够测量与物体的位置有关的数据的任何其它设备。

[0021] 同样有利地,在所述传感器是激光雷达或更一般地是具有高方位角测量准确度的传感器的情况下,选择所述距离维度来实现所述识别节段的步骤。

[0022] 同样有利地,在所述传感器是雷达或更一般地是具有高距离测量准确度的传感器的情况下,选择所述方位角维度来实现所述识别节段的步骤。

[0023] 第二方面涉及一种检测障碍物的方法,所述方法包括以下步骤:通过实现先前定义的方法来生成物理环境的映射,以及基于所生成的映射来检测所述环境中的障碍物。

[0024] 第三方面涉及一种用于驾驶自主机动车辆或用于辅助驾驶配备有至少一个高级驾驶员辅助系统的机动车辆的方法,其特征在于,所述方法包括以下操作:通过实现先前定义的方法来生成所述车辆的物理环境的映射。

[0025] 第四方面涉及一种使用占据栅格对物理环境进行映射的系统,所述占据栅格包含

与相应占据概率相关联的一组单元,所述系统包括:

[0026] 测量设备,其包括至少一个距离估计传感器,所述测量设备被配置为测量所述物理环境中的物体的潜在位置,并且在具有至少两个维度的所述传感器的坐标系中为所测得的潜在位置提供根据第一维度的第一坐标和根据第二维度的第二坐标;

[0027] 节段识别模块,所述节段表示与所测得的潜在位置有关的可能值的分布区间并且仅根据所述传感器的坐标系的两个维度之一延伸,与所测得的潜在位置有关的所述可能值与由概率密度函数给出的概率值相关联,所述概率密度函数能够由具有与所测得的潜在位置相对应的顶点的曲线表示;以及

[0028] 评估所述节段穿过的所述占据栅格的多个潜在占据单元中的每个潜在占据单元的占据概率的模块,该模块包括:

[0029] -用于确定包括在所述潜在占据单元中的节段部分的特征的单元;

[0030] -用于根据所确定的节段部分的特征并使用所述概率密度函数来计算所述潜在占据单元的占据概率的单元。

[0031] 第五方面涉及一种用于检测障碍物的系统,所述系统包括如先前所定义的用于对物理环境进行映射的系统以及用于基于所生成的映射来检测所述环境中的障碍物的模块

[0032] 第六方面涉及一种自主的或配备有至少一个高级驾驶员辅助系统的机动车辆,所述机动车辆包括如前所定义的、使用包含由相应占据概率定义的一组单元的占据栅格来对所述车辆的物理环境进行映射的系统。

## 附图说明

[0033] 通过阅读以下详细说明,本说明书的其它特征和优点将变得更加明显,该详细说明示出了通过示例给出的不同实施方式,这些示例绝非限制本发明并且由附图示出,其中:

[0034] 图1表示根据特定实施方式的使用占据栅格来映射物理环境的系统的图,该占据栅格包含由相应占据概率定义的一组单元;

[0035] 图2表示根据特定实施方式的使用占据栅格来映射物理环境的方法的框图,该占据栅格包含由相应占据概率定义的一组单元;

[0036] 图3表示空白的占据栅格(没有任何占据单元);

[0037] 图4表示与传感器所测得的潜在位置相对应的点处的传感器,以及与潜在测得位置有关的概率值在传感器坐标系的距离维度上的分布区间;

[0038] 图5表示传感器、与传感器所测得的潜在位置相对应的点以及与潜在测得位置有关的概率值在传感器坐标系的方位角维度上的分布区间;

[0039] 图6表示图4的传感器和测得的点,其中曲线表示分布区间的距离维度的概率密度函数;

[0040] 图7表示图5的分布区间的逼近;

[0041] 图8a表示与图4或图5的分布区间相对应的节段所遍历的、图3的占据栅格的单元以及两个交点;

[0042] 图8b表示图8a的单元和其它两个交点;

[0043] 图8c表示图8a和图8b的单元以及两个选定的交点;

[0044] 图9表示对应于图4或图5的分布区间的节段,以及表示应用于分布区间的各点的

概率密度函数的关联曲线以及矩形,该矩形的表面积对应于单元的逼近占据概率;

[0045] 图10是图9的更详细的表示,包括与图4或图5的分布区间相对应的节段所遍历的并且与相应计算出的占据概率相关联的所有单元的表示;

[0046] 图11仅表示基于图10所示的计算出的占据概率而获得的占据栅格。

## 具体实施方式

[0047] 图1表示系统100的特定示例性实施方式,该系统用于使用占据栅格200对物理环境进行映射,该占据栅格200包含分配有相应占据概率的一组单元 $g_{ij}$ 。

[0048] 通过例示性示例的方式,图3在栅格200的坐标系(例如笛卡尔坐标系)中以二维(x,y)表示出占据栅格200。如图3所示,占据栅格200用于以行和列中设置的一组单元 $g_{ij}$ 的形式将环境表示图块化或离散化。在该图3中,栅格200由相同尺寸的 $N_L \times N_W$ 个正方形单元 $g_{ij}$ 组成,从而形成栅格图案。 $N_W$ 表示横坐标上的单元 $g_{ij}$ 的数量, $N_L$ 表示纵坐标上的单元 $g_{ij}$ 的数量。栅格200的坐标系的原点0对应于图3左下方的栅格200的原点。栅格200的空间分辨率(表示为res)对应于单元 $g_{ij}$ 的一条边的尺寸。栅格200上的一个位置可以在栅格的笛卡尔坐标系中通过横坐标x和纵坐标y上的物理距离来描述,例如以米为单位。每个单元 $g_{ij}$ 占据栅格200中的给定位置,该位置是已知的并且由索引i(此处在1到 $N_L$ 之间)和索引j(此处在1到 $N_W$ 之间)定义。

[0049] 系统100例如被集成到机动车辆(未示出)中,并且使得能够以类似于图3中的占据栅格200的形式在车辆周围的区域中建立映射,该占据栅格的单元与相应占据概率相关联。这些占据概率例如是0到1之间的值,值“0”对应于未占据的单元,值“1”对应于肯定被占据的单元(占据概率为100%,换句话说等于1)。

[0050] 系统100包括用于测量物体(例如障碍物)的潜在位置 $\mu$ 的测量设备10、用于识别与所测得的潜在位置 $\mu$ 的可能值(或可能位置)的分布区间相对应的节段的模块20、用于评估栅格200的单元的占据概率的模块30、以及用于生成占据栅格200的模块40。

[0051] 测量设备10包括至少一个距离估计传感器11和用于存储测得的原始数据的存储器。传感器11被布置为测量传感器11的物理环境的物体(例如障碍物)的位置,并且在具有至少两个维度的传感器坐标系中为测得的位置提供包含根据第一维度的第一坐标以及根据第二维度的第二坐标的测量数据。例如,传感器11的坐标系是极坐标系,其中每个点由相对于极轴(在栅格200的坐标系中,相当于笛卡尔坐标系中的横坐标轴x)的距离r和方位角(角度) $\alpha$ 表示。在这种情况下,传感器11测量并提供包含距离r和方位角 $\alpha$ 的检测位置的数据。这样测得的数据至少暂时地存储在存储器12中。

[0052] 识别模块20旨在识别表示与所测得的潜在位置 $\mu$ 有关的可能值的分布区间的节段S(或线的一部分),该节段S仅根据传感器坐标系的两个维度之一延伸。因此,节段S按距离(具有固定的方向角)或按方向角(具有固定的距离)延伸。由节段S图形表示的分布区间表示测得的位置 $\mu$ 上仅根据传感器11的坐标系的两个维度之一的不确定度,即,在此要么是测得的距离r上的不确定度,要么是测得的方向角 $\alpha$ 上的不确定度。对仅根据其中一个维度的测量不确定度的处理,忽略了传感器11提供高测量准确度的维度,使得能够显著降低用于确定占据栅格单元的占据概率值的计算的复杂度,同时可以进行准确的计算。

[0053] 评估模块30旨在评估占据栅格200的多个潜在占据单元 $c_i$ 中的每一个的占据概

率,这些单元 $c_i$ 是被识别模块20所识别的节段S穿过的那些单元,其中 $1 \leq i \leq N$ 并且N是被节段S穿过的单元的总数。评估模块30包括:

[0054] -单元31,其用于确定包括在每个潜在占据单元 $c_i$ 中的节段部分 $x_i$ 的特征;

[0055] -单元32,其用于根据所确定的节段部分 $x_i$ 并使用概率密度函数 $\Phi$ 来计算每个潜在占据单元 $c_i$ 的占据概率。

[0056] 映射系统100可以集成到用于检测障碍物的系统300中,该系统300除系统100的元件10、20、30和40之外,还包括模块50,该模块50使用所生成的环境映射(即,分别与占据概率相关联的单元 $g_{ij}$ 的栅格)来检测障碍物。

[0057] 现在将参照图2来描述根据特定实施方式的、用于使用占据栅格200来对传感器11的物理环境进行映射的方法,该占据栅格200包含与相应占据概率相关联的一组单元 $g_{ij}$ 。该方法由系统100实现。

[0058] 该方法首先包括步骤E0:在此使用距离估计传感器11来测量传感器的物理环境中的物体的潜在位置 $\mu$ 。传感器11例如是雷达或激光雷达或适合于评估其自身与环境的物体或障碍物之间的距离的任何其它传感器。在测量步骤E0期间,传感器11在传感器11的二维坐标系中为所测得的潜在位置 $\mu$ 提供根据第一维度的第一坐标和根据第二维度的第二坐标。在这里描述的示例中,传感器11的坐标系是二维的极坐标系,其中每个点由相对于极轴(在栅格200的坐标系中,相当于笛卡尔坐标中的横坐标轴)的距离 $r$ 和方位角 $\alpha$ 表示。传感器11提供该点的距离坐标 $\mu_r$ 和方位角坐标 $\mu_\alpha$ ,该点的潜在位置 $\mu$ 由传感器11测得。

[0059] 在对坐标进行转换的步骤E1中,基于所测得的潜在位置 $\mu$ 的距离 $\mu_r$ 和方位角 $\mu_\alpha$ 的极坐标以及传感器11在栅格200的传感器的笛卡尔坐标系中的已知位置(该位置由栅格200的坐标系中的传感器11的笛卡尔x和y坐标定义),计算出所测得的潜在位置 $\mu$ 在占据栅格200的坐标系中的笛卡尔坐标 $\mu_x$ 和 $\mu_y$ 的数值。步骤E1由识别模块20的转换单元21实现。

[0060] 该方法还包括步骤E2:识别节段S,该节段S表示与所测得的潜在位置 $\mu$ 有关的可能值的分布区间。在该步骤E2期间,识别模块20的计算单元22确定与所测得的潜在位置 $\mu$ 有关的可能值的分布区间。该分布区间对应于该点的可能位置的集合,该点的潜在位置 $\mu$ 已由传感器11测得。具体地,由于传感器11的特征,尤其是传感器11的距离和方位角测量的准确度,传感器11测得的位置坐标值存在不确定度。在传感器11的坐标系中,分布区间可以用节段S表示,如图4和图5所示。该节段根据传感器11坐标系的两个维度中的一个延伸。换句话说,在此处描述的示例中,节段S要么由距离的有界区间和给定方位角定义(图4),要么由有界角度区间和给定距离定义(图5)。因此,在仅沿距离维度 $r$ 延伸的节段的情况下,它可以是直线的一部分(图4);或者在仅沿角度维度 $\alpha$ 延伸的节段的情况下,它可以是圆弧(图5)。

[0061] 在第一种情况下(图4),与测得的潜在位置 $\mu$ 有关的可能值包括与固定方位角值相关联的距离 $r$ 的范围。该范围的中间的距离和相关联的方位角是测得的潜在位置 $\mu$ 在传感器11的坐标系中的极坐标。

[0062] 在第二种情况下(图5),与测得的潜在位置 $\mu$ 有关的可能值包括与固定距离值相关联的角度 $\alpha$ 的范围。该范围的中间的角度和相关联的距离是测得的潜在位置 $\mu$ 在传感器11的坐标系中的极坐标。

[0063] 与所测得的潜在位置 $\mu$ 有关的可能值与由概率密度函数 $\Phi$ 给出的概率值相关联。节段S的点的概率值表示检测物(即,由传感器11检测到的物体)位于该点的概率。概率密度函

数 $\Phi$ 可以用曲线 $C_{FDP}$ 来图形表示,该曲线将概率值与用节段S图形表示的分布区间的每个值相关联。在图6中(通过例示性示例的方式)是与图4的节段S相关联的曲线 $C_{FDP}$ 的图形表示。在此示例中,概率密度函数 $\Phi$ 是高斯函数。可以选择另一种类型的概率密度函数。曲线 $C_{FDP}$ 具有与所测得的潜在位置 $\mu$ 相对应的顶点。换句话说,曲线 $C_{FDP}$ 的顶点是概率密度函数 $\Phi$ 的测得的位置 $\mu$ 的映像。优选地,曲线 $C_{FDP}$ 关于穿过其顶点的中心轴线对称。例如,概率密度函数 $\Phi$ 由以下关系式表示:

$$[0064] \quad \varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2}$$

[0065] 其中 $x$ 表示从检测点 $\mu$ (检测到的潜在位置)沿着连接所述点 $\mu$ 和传感器11的轴线的距离。

[0066] 以如下方式来选择节段S的长度(换句话说,分布区间的宽度):与节段的每个点相关联的概率值之和(换句话说,概率密度函数 $\Phi$ 在分布区间上的积分)大于或等于目标概率值,例如0.99。

[0067] 例如,“ $\sigma$ ”表示概率密度函数 $\Phi$ 的标准偏差,分布区间的宽度被选择为等于 $6\sigma$ 。在方位角的不确定度可忽略不计的情况下(图4),标准偏差表示为 $\sigma_r$ ;在距离的不确定度可忽略不计的情况下(图5),标准偏差表示为 $\sigma_a$ 。在图4至图6中,符号 $\sigma_a$ 和 $\sigma_r$ 分别表示与方位角测量值 $a$ 有关的概率密度函数 $\Phi$ 的标准偏差以及与距离测量值有关的概率密度函数 $\Phi$ 的标准偏差。

[0068] 选择传感器11的坐标系的两个维度之一,即,距离(图4)或方位角(图5),以根据传感器11的与根据传感器11的坐标系的两个维度中的每一个的测量不确定度有关的特征来实现识别节段的步骤。

[0069] 在认为传感器11的测量不确定度在方位角维度上可忽略不计的情况下(因为它低于预定义的阈值( $6\sigma_a < res$ )),表示与测得的潜在位置 $\mu$ 有关的可能值的分布区间的节段S是由测得的潜在位置 $\mu$ 和传感器坐标系的原点限定的直线的一段,所述节段的中点对应于测得的潜在位置 $\mu$ 。因此,选择距离维度来识别诸如图4所示的节段S。

[0070] 在认为传感器11的测量不确定度在距离维度上可忽略不计的情况下(因为它低于预定义的阈值(例如 $6\sigma_r < res$ )),表示与测得的潜在位置 $\mu$ 有关的可能值的分布区间的节段是圆弧。因此,选择方位角维度来识别诸如图5中所示的节段S。在这种情况下,该方法可以有利地包括逼近步骤,在此期间,用线段来逼近与节段S相对应的圆弧,该线段垂直于由测得的潜在位置 $\mu$ 和传感器11坐标系的原点(该原点代表传感器11本身)所限定的直线的方向,如图7所示。通过允许对潜在占据单元进行简化和准确的识别,这种逼近简化了用于处理方位角不确定度的计算。

[0071] 在传感器11是激光雷达的情况下,选择距离维度来识别节段S(图4)。在传感器11是雷达的情况下,选择方位角维度来识别节段S(图5)。

[0072] 如图4和图5所示,所识别出的节段S穿过了占据栅格200的潜在占据单元(在本说明书中表示为 $c_i$ ,其中*i*的范围为1到N)的子集。对于该子集的每个潜在占据单元 $c_i$ ,实现评估该潜在占据单元的占据概率的步骤E3。评估步骤E3包括:

[0073] -步骤E4:确定包括在索引为*i*的所述潜在占据单元 $c_i$ 中的节段S的部分 $x_i$ 的特征;

[0074] -步骤E5:根据所确定的节段部分的特征并使用概率密度函数 $\Phi$ 来计算索引为i的所述潜在占据单元的占据概率。

[0075] 确定节段S的部分 $x_i$ 的步骤E4使得能够确定该节段部分 $x_i$ 的特征,例如节段部分 $x_i$ 的长度以及节段部分 $x_i$ 的中点与测得的点 $\mu$ 之间的距离 $r_i$ 。它包括由确定模块31实现的下述计算步骤E40至E45。

[0076] 测得的潜在位置 $\mu$ 的横坐标和纵坐标在栅格200的坐标系中表示为 $\mu_x$ 和 $\mu_y$ 。在步骤E40中,网格200的坐标系中的节段S两端的坐标(表示为例如 $\mu+3\sigma$ 和 $\mu-3\sigma$ )是使用Bresenham节段跟踪算法(将邻域状态扩展到4个单元)来计算的。这些坐标可以通过以下关系式表示。

$$[0077] x_{3\sigma\pm} = \mu_x \pm \cos(\alpha) \cdot 3\sigma$$

$$[0078] y_{3\sigma\pm} = \mu_y \pm \sin(\alpha) \cdot 3\sigma$$

[0079] 其中, $\alpha$ 表示点 $\mu$ 的方位角, $\sigma$ 表示所使用的概率密度函数 $\Phi$ 的标准偏差。步骤E40由确定模块31的第一计算单元310实现。

[0080] 在步骤E41期间,定义了包含栅格200的坐标系中的节段S的直线的线性方程 $y = a \cdot x + b$

[0081] 的系数 $a$ 和 $b$ 是由单元31基于在步骤E40期间计算出的节段S两端的坐标、使用下面的关系式计算出的:

$$[0082] a = \frac{y_{3\sigma+} - y_{3\sigma-}}{x_{3\sigma+} - x_{3\sigma-}}$$

$$[0083] b = y_{3\sigma-} - x_{3\sigma-} \cdot a$$

[0084] 步骤E41由确定模块31的第二计算单元311实现。

[0085] 然后,在步骤E42期间,单元31使用以下关系式确定构成单元边界与在步骤E41期间确定的直线之间的交集的节段S的每个点:

$$[0086] y_{Li} = a \cdot x_{Li} + b \quad y_{Ri} = a \cdot x_{Ri} + b$$

$$[0087] x_{Ti} = (y_{Ti} - b) / a \quad x_{Bi} = (y_{Bi} - b) / a$$

[0088] 其中 $x_{Li}$ 、 $x_{Ri}$ 、 $y_{Ti}$ 、 $y_{Bi}$ 分别表示两条垂直线(左和右)和两条水平线(上和下)的固定坐标,它们定义了索引为i的单元的边界,如图8a和图8b所示。步骤E42由确定模块31的第三计算单元312实现。

[0089] 在步骤E43期间,单元31选择位于图8c中表示的索引为i的所考虑单元的边界处的两个交点。这两个交点表示为 $(x_1, y_1)$ 和 $(x_2, y_2)$ 。步骤E43由确定模块31的选择单元313实现。

[0090] 在步骤E44期间,单元31使用下式计算包括在索引为i的单元中的节段部分S的长度 $d_i$ :

$$[0091] d_i = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

[0092] 步骤E44由确定模块31的第四计算单元314实现。

[0093] 在步骤E45期间,单元31使用下式计算索引为i的节段部分的中点与测得的点 $\mu$ 之间的距离 $r_i$ :

$$[0094] r_i = \sqrt{\left(\frac{x_1 - x_2}{2} - \mu_x\right)^2 + \left(\frac{y_1 - y_2}{2} - \mu_y\right)^2}$$

[0095] 步骤E40由确定模块31的第五计算单元315实现。

[0096] 现在将描述步骤E5,该步骤根据所确定的节段部分 $x_i$ 的特征并使用概率密度函数 $\varphi$ 来计算索引为i的潜在占据单元的占据概率,它由计算模块32实现并且由图9和图10示出。

[0097] 该计算步骤E5包括第一步骤E50:确定与索引为i的单元相关联的逼近概率值。例如,逼近概率值等于与节段部分 $x_i$ 的中点相关联的概率值(由概率密度函数 $\varphi$ 给出),在此根据下式来确定:

$$[0098] \varphi(r_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(r_i - r)^2}{2\sigma^2}}$$

[0099] 其中,r代表描述沿着连接所述检测点u(检测到的潜在位置)和传感器11的轴线(与先前关于变量“x”定义的轴线相同的轴线)的距离的变量, $r_i$ 是索引为i的节段部分( $x_i$ )的中心处的值,如图9所示。该步骤E50由计算模块32的第一计算单元320实现。

[0100] 计算步骤E5包括第二步骤E51:通过以下逼近公式来评估索引为i的单元的占据概率,表示为 $p(r_i)$ :

$$[0101] p(r_i) = \int \varphi(r) dr \approx \varphi(r_i) \cdot d_i$$

[0102] 该步骤E51由计算模块32的第二计算单元321实现。

[0103] 因此,单元32通过计算矩形的面积来计算索引为i的单元的占据概率 $p(r_i)$ 的逼近值,该矩形的维度之一对应于包括在所述潜在占据单元中的节段部分的长度,该矩形的另一维度是归因于索引为i的潜在占据单元的逼近概率值 $\varphi(r_i)$ 。这允许基于将概率密度函数 $\varphi$ 在分布区间(节段S)上的积分替换为矩形面积的积分逼近(该积分的结果),来进一步简化计算。

[0104] 然后,该方法包括步骤E6:生成占据栅格200,在该占据栅格上例如通过不同的颜色表示单元的相应占据概率。例如,具有零占据概率的单元为白色,而具有非零占据概率的单元以灰度级别表示,单元越暗,占据概率越高。图11表示基于在图9中计算并表示的占据概率而获得的占据栅格200。

[0105] 在测试步骤期间,可以检查潜在占据单元的占据概率值之和是否接近1。实验结果给出由节段S遍历的全部单元的总概率值等于0.99476。

[0106] 在第二方面,本说明书涉及一种用于检测障碍物的方法,该方法包括通过实现刚刚描述的方法来生成物理环境的映射以及基于所生成的映射检测所述环境中的障碍物的步骤。

[0107] 在第三方面,本说明书涉及一种用于驾驶自主机动车辆或用于辅助驾驶配备有至少一个高级驾驶员辅助系统的机动车辆的方法,该方法包括以下操作:通过实现前述方法来生成车辆物理环境的映射。

[0108] 在第四方面,本说明书还涉及一种障碍物检测系统,其包含用于映射物理环境的系统100以及基于所生成的映射检测所述环境中的障碍物的模块。

[0109] 在第五方面,本说明书还涉及一种自主的或配备有至少一个高级驾驶员辅助系统的机动车辆,该机动车辆包含系统100,该系统100用于使用含有由相应占据概率定义的一组单元的占据栅格来映射所述车辆的物理环境。

[0110] 测量设备10可以包括多个距离估计传感器。

[0111] 尽管已经参考特定示例描述了本说明书的主题,但是可以对所描述的实施方式进行各种明显的修改和/或改进。

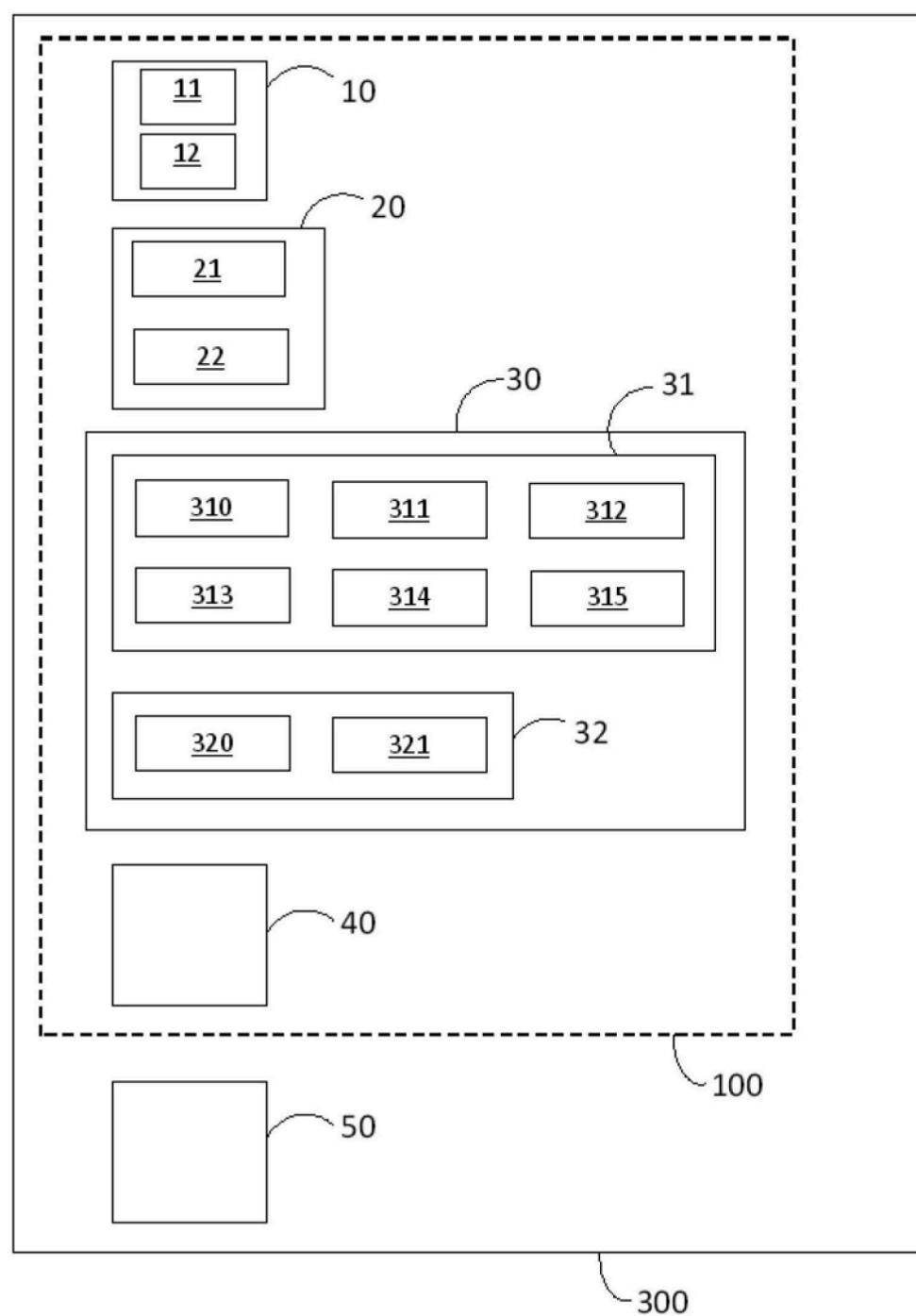


图1

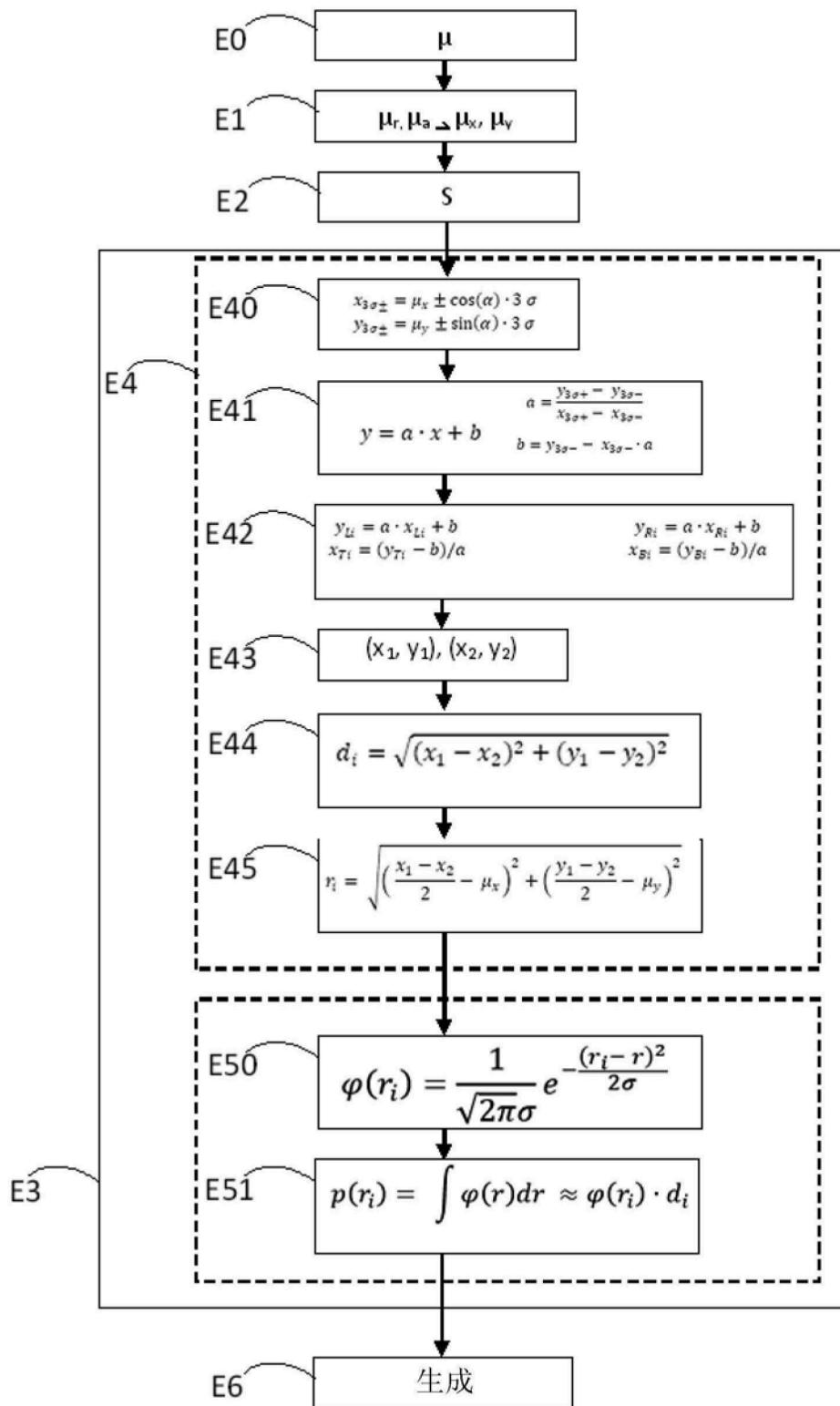


图2

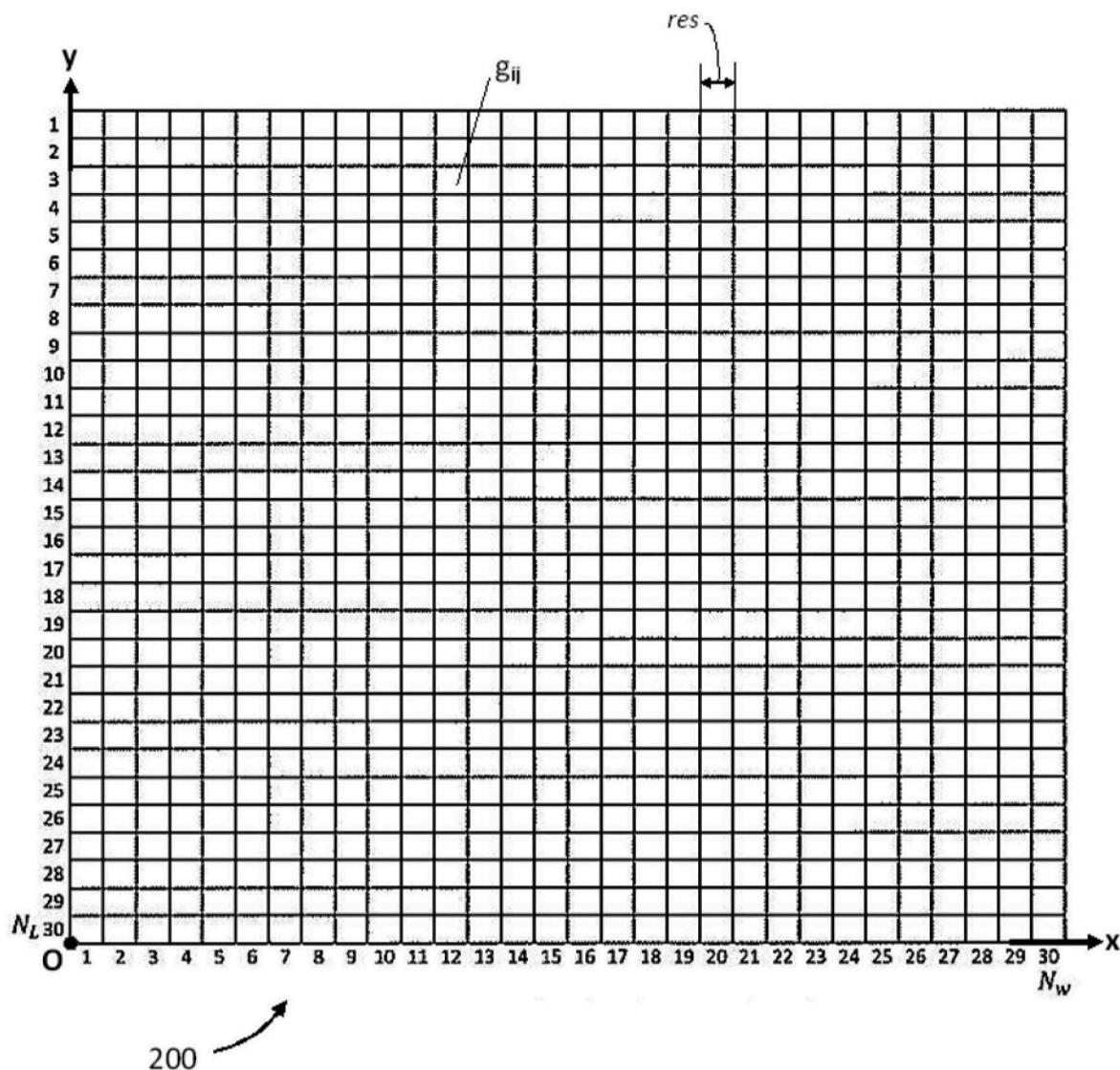


图3

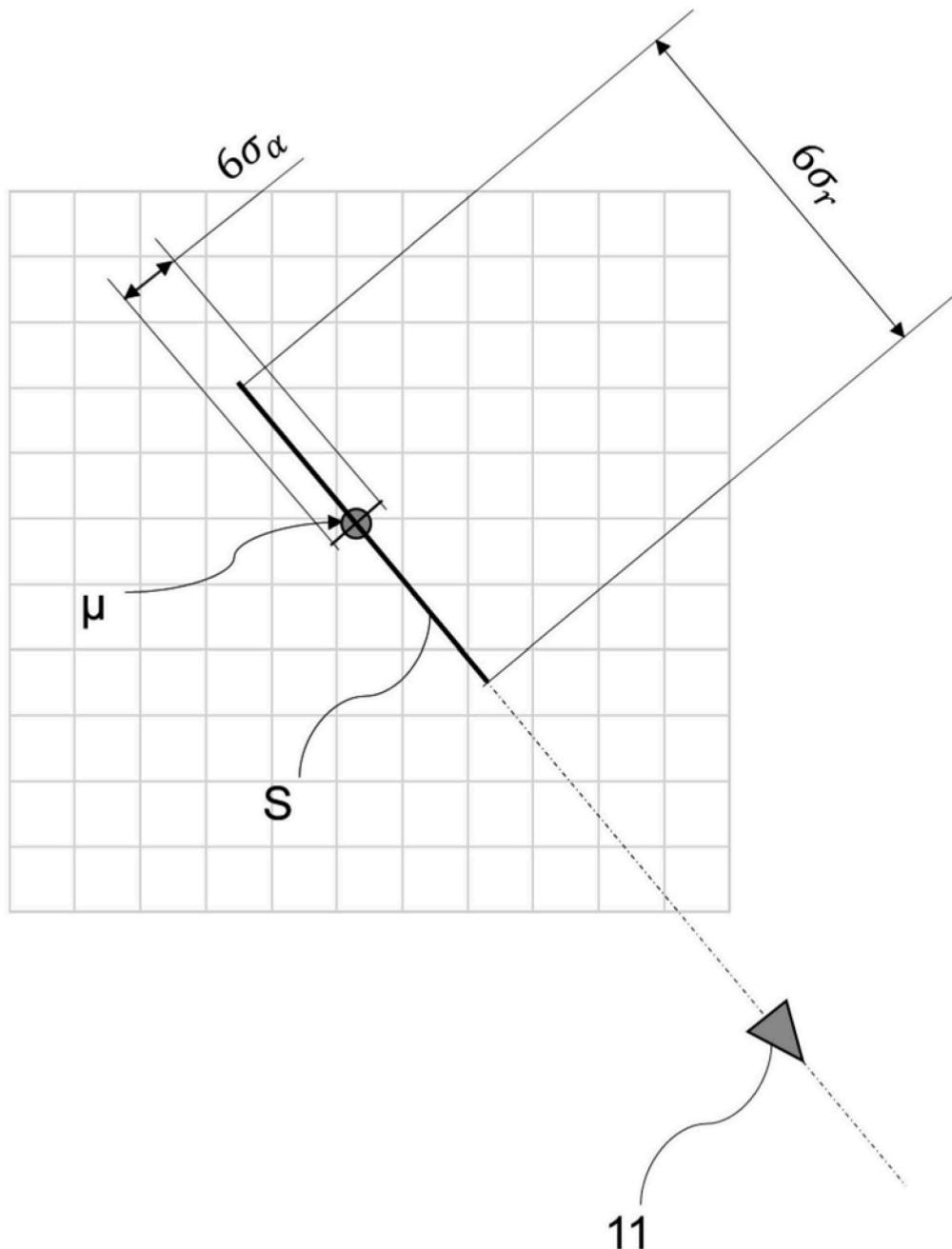


图4

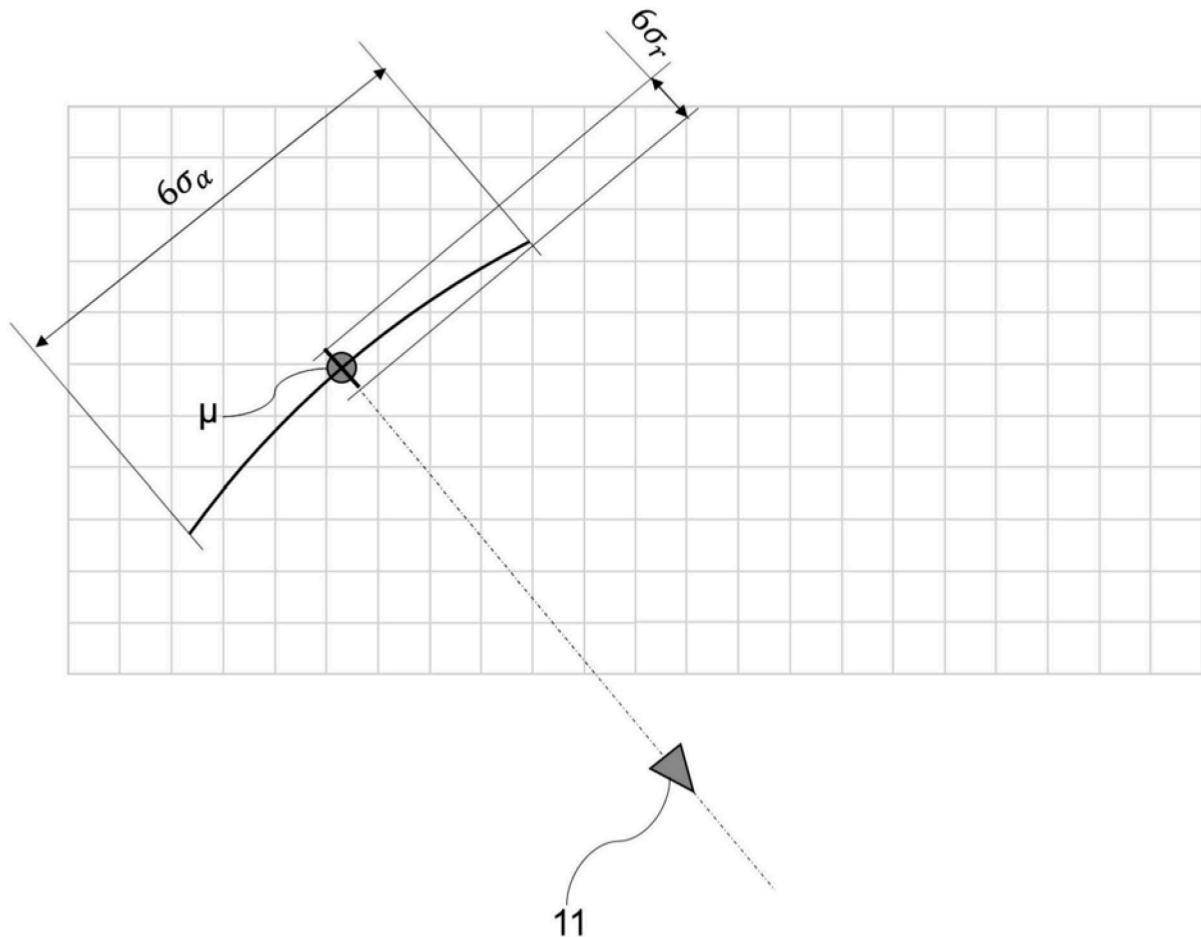


图5

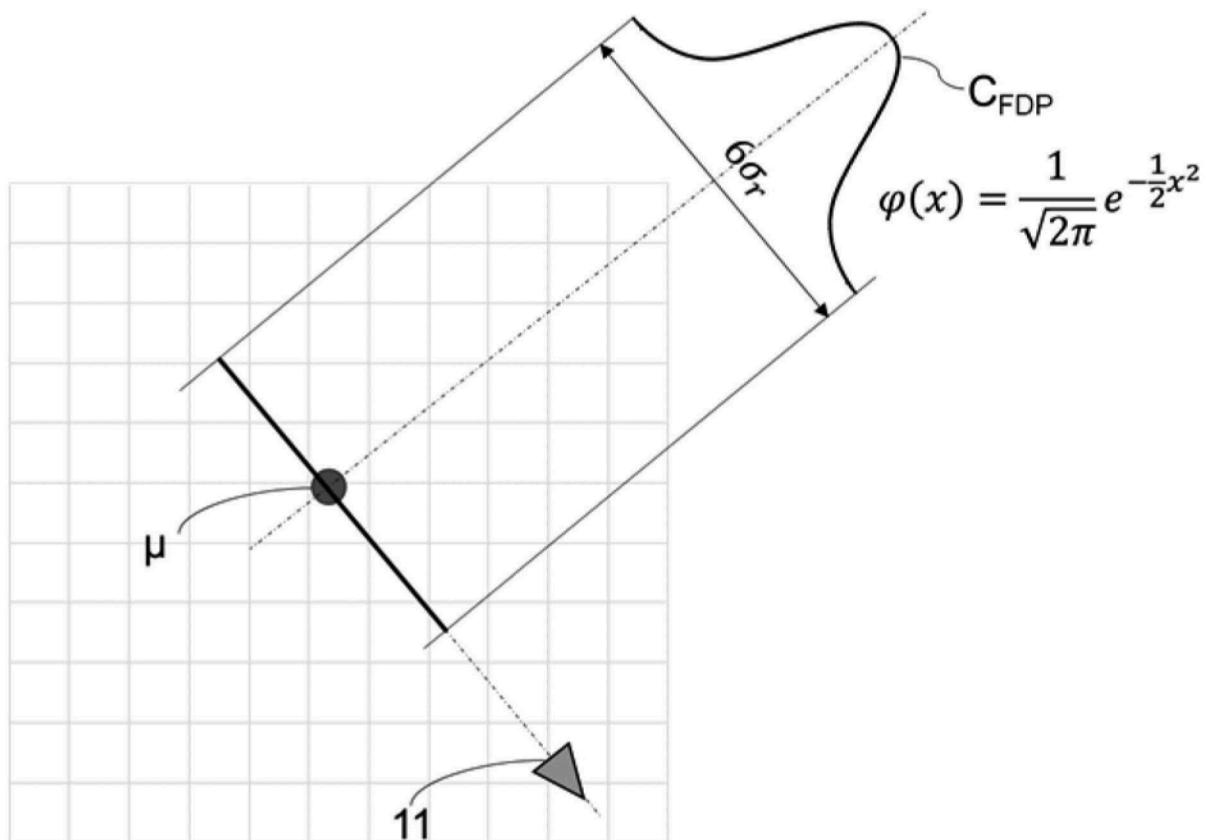


图6

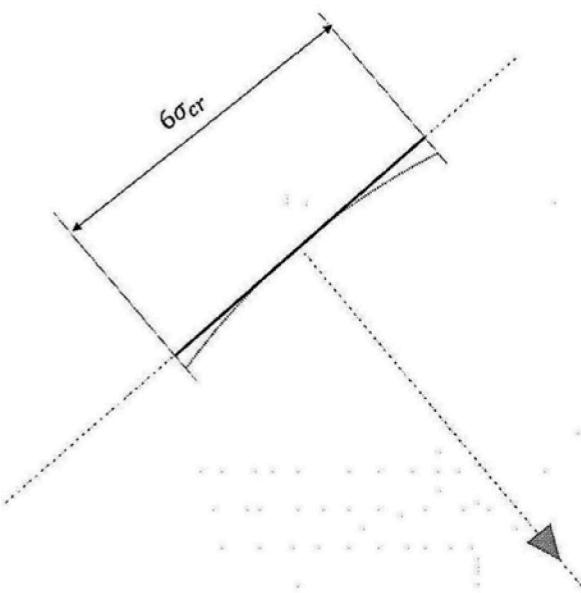


图7

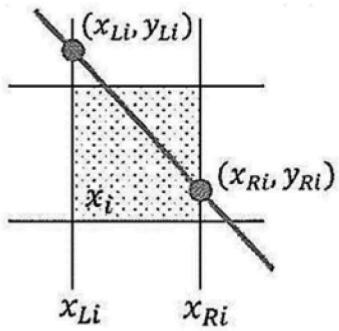


图8a

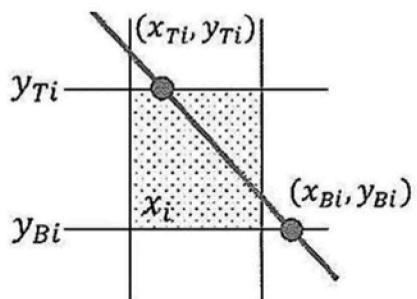


图8b

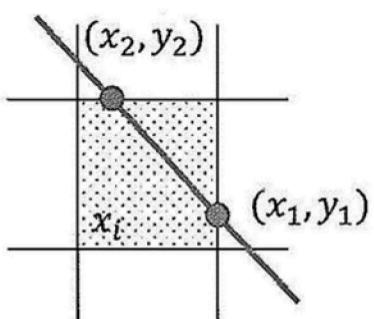


图8c

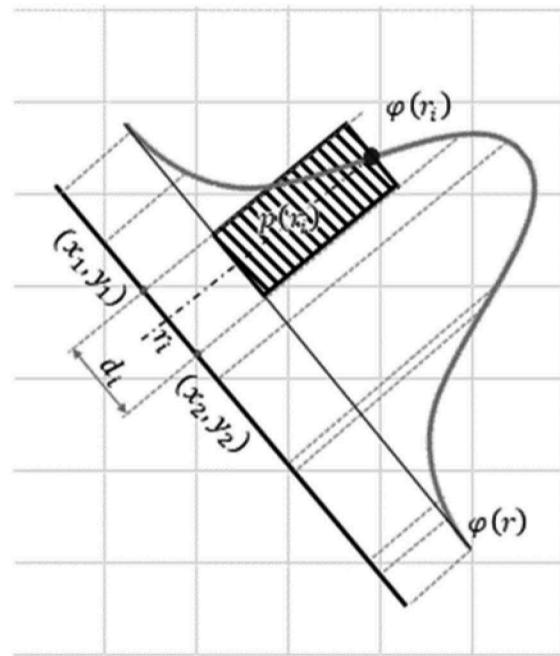


图9

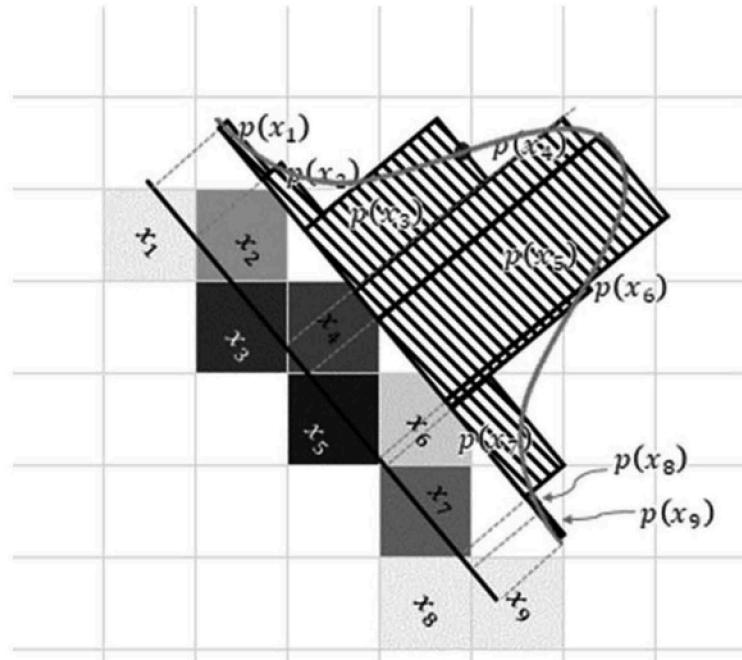


图10

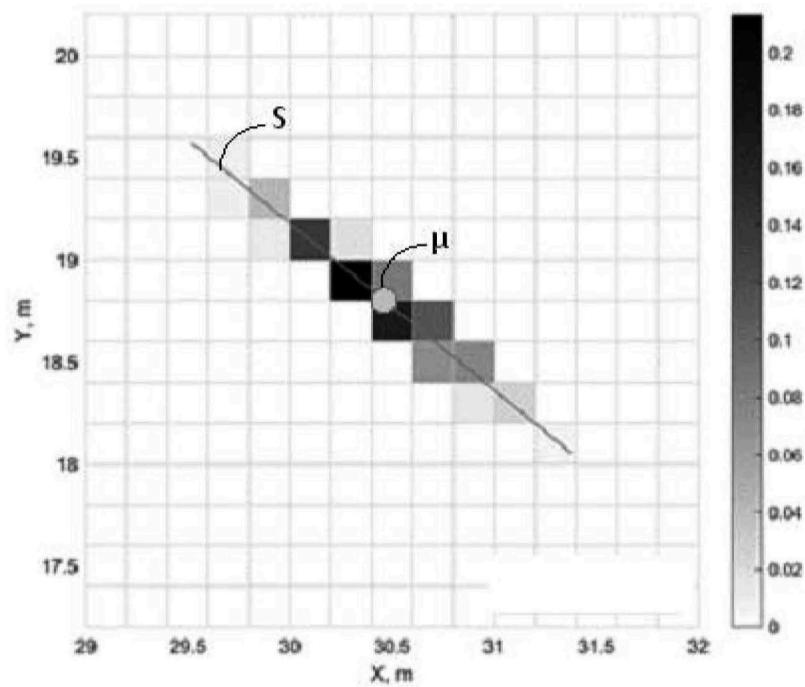


图11